

اثر افزایش سن و تجربه والیبال بر عملکرد تکلیف هماهنگی دودستی مداوم

عابدین مرادی^۱

کارشناس ارشد رشته رفتار حرکتی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه رازی

دکتر علی حیرانی

استادیار رشته رفتار حرکتی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه رازی کرمانشاه

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر افزایش سن و تجربه والیبال بر عملکرد تکلیف هماهنگی دودستی مداوم بود. بدین منظور ۹۰ آزمودنی زن و مرد که همگی راست دست بودند، از میان سه رده سنی جوانان (بین ۱۸-۴۰ سال)، میان سالان (۴۰-۶۰ سال)، و سالمندان (۶۰ سال به بالا) و دو گروه والیبالیست (با سابقه ۲ سال والیبال) و گروه غیرفعال به طور تصادفی انتخاب شدند. ابزار مورد استفاده در این پژوهش دستگاه آزمون هماهنگی دودستی مدل 32532 ساخت شرکت Lafayette بود. اجرا شامل ۵ کوشش و هر کوشش شامل حرکت نشان‌گر در مسیر شکل ستاره که به صورت یک دور ساعت‌گرد و بلافاصله پادساعت‌گرد بود. نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین سه رده سنی جوانان، میان سالان و سالمندان تفاوت معناداری وجود دارد ($p < 0/01$). همچنین آزمون t مستقل نشان داد که بین گروه والیبالیست و گروه غیرفعال در هر سه رده سنی جوانان ($p < 0/05$)، میان سالان ($p < 0/01$) و سالمندان ($p < 0/01$) تفاوت معناداری وجود دارد. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که با افزایش سن عملکرد هماهنگی دودستی مداوم افراد دچار اختلال می‌شود. نتایج نشان داد که تجربه و تمرین والیبال در هر سنی به عنوان یک متغیر مثبت و تأثیرگذار، سبب بهبود عملکرد هماهنگی دودستی می‌شود، لذا تجربه و تمرین والیبال در افراد مسن‌تر سبب جلوگیری از افت پیش‌رونده عملکرد هماهنگی دودستی مداوم در اثر افزایش سن می‌شود. **واژگان کلیدی:** هماهنگی دودستی مداوم، افزایش سن، تجربه والیبال، کندشدن حرکات.

¹ Abedin1421@yahoo.com

مقدمه

استفاده از دو دست به طور همزمان به دو شکل انجام می‌شود: یا هر دو دست در یک زمان یک حرکت مشابه انجام دهند، مانند رانندگی کردن (اعمال جفت شده) و یا دودست در یک زمان اعمال متفاوتی را انجام می‌دهند نظیر نگه داشتن بطری در یک دست و بازکردن درب آن با دست [۵، ۷ و ۸]. وقتی که دودست به طور همزمان باهم حرکت می‌کنند یک جفت شدن زمانی و فضایی بین دست‌ها وجود دارد که حرکت یک عضو باعث تأثیر بر عمل عضو دیگر می‌شود [۷ و ۸، ۳۴]. با مرور ادبیات پیشینه، تکالیف هماهنگی دودستی از دو دیدگاه مورد مطالعه قرار گرفته شده است؛ ۱- پردازش اطلاعات^۱ - سیستم‌های پویا^۲. مطابق با دیدگاه پردازش اطلاعات، اجرای موفقیت‌آمیز حرکات همزمان و هماهنگ دو عضو در نتیجه کاهش تداخل عصبی، به واسطه شکل‌گیری برنامه حرکتی کلی‌تر [۷ و ۸] و یا تعامل صحیح بین سطوح بالاتر و پایین‌تر و افزایش سرعت گسترش اطلاعات بین سطوح [۲۶]، است. در مقابل، دیدگاه پویا اجرای موفقیت‌آمیز حرکات هماهنگ را منوط به خودسازمانی، مشارکت بین خرده سیستم‌ها و شکل‌گیری ساختارهای هماهنگ در نتیجه تمرین و تجربه می‌داند. علی‌رغم تفاوت در روش‌های مطالعه در پژوهش‌های گذشته، هدف مشترک آن‌ها جستجو برای کشف محدودیت‌ها و عوامل اثرگذار در غلبه به این محدودیت‌هاست [۳۵].

از مؤلفه‌های تأثیرگذار بر هماهنگی دودستی که تا کنون بررسی شده است می‌توان اثر تمرین [۳]، نوع جلب توجه و بازخورد بر قابلیت تشخیص خطا [۹]، اثر افزایش بسامد حرکت بر ثبات مرحله‌ی نسبی الگوی هماهنگی نامتقارن [۵]، اثر انتقال درون‌عضوی و بین‌عضوی بر هماهنگی دودستی در حالت‌های درون‌مرحله و برون‌مرحله [۳۲]، اثر بازخوردهای بینایی و شنوایی [۱۸]، تأثیر خستگی عضلانی [۱۱] و بسیاری متغیرهای دیگر [۳۴]. از متغیرهای مهم که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است تأثیر افزایش سن بر هماهنگی دودستی است [۱۳، ۱۷، ۱۹ و ۲۱]، نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سن، عملکرد شناختی و حرکتی به‌ویژه در حرکات هماهنگ کاهش می‌یابد [۲۲ و ۳۳].

در بررسی اثر افزایش سن بر هماهنگی دودستی با توجه به پژوهش‌های اندکی که انجام شده است، می‌توان پژوهش‌ها را با توجه به نوع تکلیف، به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول که اکثریت را دربر می‌گیرد شامل پژوهش‌هایی است که اثر افزایش سن را بر هماهنگی تکالیف مجرد (معمولاً ضربات انگشتان شست یا حرکات خم کردن و باز کردن مچ دست و پا) بررسی کرده‌اند. نتایج در این‌گونه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اثر داشتن یا نداشتن افزایش سن در اجرای تکلیف هماهنگی دودستی بستگی به ویژگی و سرعت اجرای تکلیف دارد [۱۳، ۱۷ و ۲۴]. یعنی با افزایش بسامد (سرعت) اجرای تکلیف مجرد بین سالمندان و جوانان در اجرا تفاوت وجود دارد، اما در اجرای با سرعت‌های پایین تفاوتی در اثر افزایش سن بین جوانان و

سالمندان یافت نشده است. همچنین اثر افزایش سن بر تکالیف مجرد زمانی آشکارتر می‌شود که با افزایش سرعت در حالت برون‌مرحله پیچیدگی تکلیف (سختی تکلیف) را افزایش دهیم [۱۹]. دسته دیگر شامل پژوهش‌هایی است که به‌روی تکالیف مداوم (معمولاً کشیدن دایره با دودست) انجام شده است [۲۱]. در تکالیف مداوم در حقیقت اثر افزایش سن سبب افزایش زمان اجرا (کاهش سرعت) می‌شود. این پژوهش‌ها گویای این است که اثر افزایش سن در هماهنگی دودستی بستگی به نوع تکلیف اجرا شده دارد، بدین معنا که افزایش سن بر تکالیف مجرد و مداوم اثر متفاوتی دارد. در واقع تفاوت در اثر افزایش سن در تکالیف مجرد هنگامی به‌وجود می‌آید که تکالیف نیاز به پردازش کنترل شده (حالت برون‌مرحله و سرعت زیاد) داشته باشند، اما در تکالیف مداوم سبب می‌شود که زمان حرکت افزایش یابد [۲۱].

نظریه سالتوس^۱ در سال ۱۹۹۶ درباره‌ی ارزیابی تفاوت افراد در جنبه‌های عملکرد شناختی و کندی حرکات هماهنگ در اثر افزایش سن می‌باشد [۲۹]. این نظریه بیان می‌کند که کاهش عملکرد شناختی در رابطه با افزایش سن، در نتیجه‌ی کاهش سرعت پردازش در سیستم شناختی فرد است [۲۷ و ۲۸]. باوجود این که درباره‌ی افزایش سن و سرعت پردازش اطلاعات کمی در فعالیت‌های مختلف وجود دارد، اما کندتر شدن اجرای تکالیف حرکتی در اثر افزایش سن مورد تأیید بوده است. این نظریه، کندشدن حرکات در سالمندی را از لحاظ شناختی مورد بررسی قرار داده و براین نکته تأکید دارد که با افزایش سن و با تخریب و تضعیف نرون‌ها، سلول‌ها و سرعت مسیرهای عصبی، و درواقع توانایی CNS در کنترل حرکت کاهش یافته و زمان پردازش اطلاعات افزایش می‌یابد [۲۹].

یکی دیگر از عوامل مهم اثرگذار بر هماهنگی دودستی، فعالیت بدنی می‌باشد که در پژوهش‌های صورت گرفته به آن توجه نشده است. در تمامی حرکات ورزشی به‌ویژه برای فراگیری الگوهای حرکتی نیاز مبرم و مشخص به هماهنگی بین اعضای بدن وجود دارد [۳۷]. بررسی ادبیات پژوهش این مطلب را تأیید می‌کنند که اجرای مهارت‌های ورزشی، نیاز به درجه‌ی بالایی از هماهنگی بین عضوی دارند [۳۴ و ۳۶]. با توجه به پژوهش‌های انجام شده مشخص شده است که ورزش‌های تویی تأثیر مثبتی بر هماهنگی چشم-دست دارد [۱۴]. همچنین برای یادگیری تکنیک‌ها و الگوهای حرکتی هماهنگی بین عضوی بسیار مهم و اساسی خواهد بود. با توجه به وجود حرکات دودستی در والیبال مثل: پنجه زدن، ساعد زدن و دفاع روی تور و سایر حرکات در والیبال که نیاز مسلم و مشخص به هماهنگی دودستی برای اجرای موفق حرکات یادشده دارد، همچنین گمان می‌رود به‌دلیل تأثیری که این ورزش به‌روی توانایی عضلات، سیستم عصبی و هماهنگی عصبی-عضلانی بدن به‌ویژه در قسمت بالاتنه داشته باشد، لذا ما در این پژوهش درصدد برآمدیم که رابطه‌ی بین تجربه والیبال و بهبود احتمالی هماهنگی دودستی در رده‌های سنی مختلف را مورد بررسی قرار دهیم.

اشلی^۱ و همکاران (۲۰۱۰) با انجام پژوهشی با عنوان "هماهنگی دودستی و سالمندی" نشان دادند که بین سالمندان و جوانان، در اجرای تکلیف هماهنگی دودستی، بسته به ویژگی و سرعت اجرای تکلیف تفاوت معناداری وجود دارد [۱۳]. جفری^۲ و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر سالمندی به روی زمان بندی هماهنگی دودستی را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که با افزایش سن، در اجرای تکالیف با عدم نیاز به پردازش کنترل، کاهش زیادی به وجود نمی آید، اما در تکالیف هماهنگی با تغییر در زمان بندی و نیاز به پردازش کنترل شده فرد دچار اختلال در هماهنگی دودستی می شود [۲۱]. در پژوهشی که لوری^۳ و همکاران (۲۰۰۰) برای بررسی تأثیر سالمندی و پردازش خودکار و کنترل شده به روی هماهنگی دو دستی انجام دادند نشان دادند که علت کاهش عملکرد هماهنگی بین عضوی در اثر افزایش سن، اختلال در جنبه شناختی، ناتوانی در ادراک و کاهش توانایی پردازش اطلاعات می باشد [۲۴]. هاکویی فوجی یاما^۴ (۲۰۰۹) در پژوهشی که تغییرات مرتبط با افزایش سن در هماهنگی بین عضوی را مورد بررسی قرار داد نشان داد که با افزایش سن، اختلال در اجرای حرکات هماهنگ به وجود می آید و دلیل این اختلال می تواند کاهش توانایی عملکرد بازدارنده در سیستم عصبی افراد باشد [۱۹]. در پژوهشی دانیل^۵ و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که با افزایش پیچیدگی حرکت (اجرا به صورت برون مرحله) افزایش فعالیت عصبی قشر حرکتی مکمل و قشر حسی- پیکری در میان سالمندان بیشتر می شود [۱۷]. در پژوهش کارولین^۶ و همکاران (۲۰۰۲) بیان می کند که برای اندازه گیری تفاوت عملکرد جوانان و سالمندان، باید به ویژگی های سطح دشواری، اندازه و دامنه حرکتی تکلیف توجه داشت، زیرا این ویژگی ها به روی این که آیا بین جوانان و سالمندان تفاوت وجود دارد یا خیر تأثیر خواهد گذاشت. پژوهش ها در مورد تأثیر فعالیت بدنی بر روی هماهنگی دودستی به ندرت انجام شده است [۱۶]. کوک چی یانگ^۷ (۲۰۰۸) در پژوهشی با بررسی تأثیر ورزش تای چی به روی هماهنگی چشم-دست در سالمندان نشان دادند که ورزش تای چی یکی از ورزش هایی است که دست کم از کاهش پیشرونده دقت در هماهنگی چشم-دست با افزایش سن، جلوگیری می کند [۲۳]. تیموتی جی^۸ و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تأثیر تمرین مقاومتی بر هماهنگی دودستی، دلیل بهبود عملکرد افراد تمرین مقاومتی کرده، در اثر افزایش نیروی تولیدی عضلات و همچنین بهبود الگوی با ثبات تر فراخوانی عضلات درگیر حرکت بوده است. از این پژوهش چنین برمی آید که تمرین و حرکت باعث بهبود سیستم عصبی-عضلانی و افزایش عملکرد هماهنگی می شود [۴۰]. آندره زاخاری^۹ (۲۰۱۰) تأثیر تمرین موسیقی به روی کنترل دودستی و انتقال بین نیم کره ای را مورد بررسی قرار داد و نشان داد که

1- Ashley

2- Jeffery

3- Laurie

4- Hakuei Fujiyama

5- Daniel

6- Caroline

7- Kowk chi ying

8- Timothy J

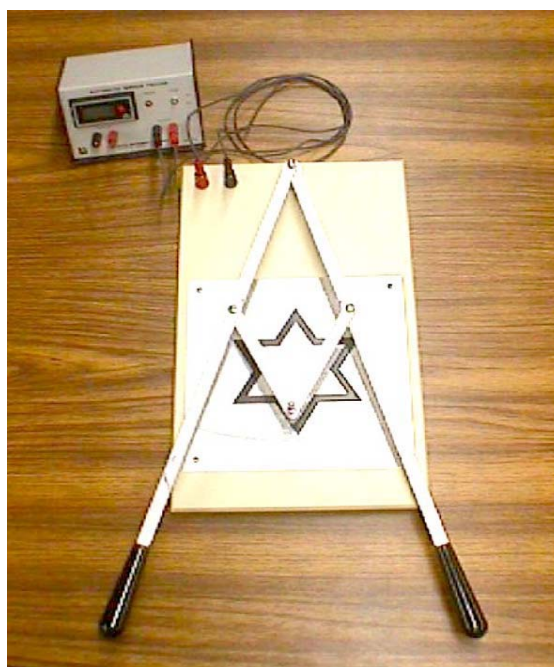
9- Andrew Zachary

تمرین موسیقی تأثیر معناداری به‌روی هماهنگی دودستی افراد نداشته است [۱۲]. آسومن‌شان و کی‌الپارسلان (۲۰۰۹) نشان دادند که انجام ورزش‌های توپی تأثیر زیادی به‌روی هماهنگی چشم-دست دارد [۱۴]. حسن‌پور و همکاران [۱۳۸۹] پژوهشی را با عنوان "تأثیر فعالیت‌های دوطرفه بر بهبود عملکرد اندام فوقانی بیماران سکتة مغزی" انجام دادند. نتایج نشان داد که انجام فعالیت‌های دوطرفه می‌تواند باعث بهبود عملکرد اندام فوقانی شود. نتایج این پژوهش گویای این است که فعالیت‌های دوطرفه یکی از روش‌هایی است که در توانبخشی بیماران سکتة مغزی استفاده می‌شود [۲]. همان‌طور که در پژوهش‌های بالا ملاحظه کردیم اثر افزایش سن در هماهنگی دودستی مداوم کمتر بارز بوده و از طرفی این پژوهش‌ها بیشتر روی تکالیف مجرد (ضربات انگشتان و حرکات مچ دست و پا) انجام شده است لذا ضرورت پژوهشی که اثر افزایش سن را در تکلیف هماهنگی دودستی مداوم و متفاوت با تکالیف یادشده بررسی کند، وجود دارد. همچنین با توجه به کمبود پژوهشی که اثر اعمال متغیری که اثر بازدارنده بر افت پیش‌رونده‌ی عملکرد هماهنگی دودستی مداوم، در اثر افزایش سن، داشته باشد، در مورد پژوهش در این زمینه احساس نیاز می‌شود. از این‌رو هدف این پژوهش بررسی اثر افزایش سن بر هماهنگی دودستی مداوم، و بررسی این‌که آیا تجربه‌ی والیبال تأثیری بر بهبود اجرای هماهنگی دودستی در رده‌های سنی مختلف دارد یا خیر؟

روش پژوهش

شرکت‌کنندگان این پژوهش شامل ۹۰ نفر از میان سه رده‌ی سنی (هر رده سنی ۱۵ نفر) مردان و زنانی که دانشجوی، کارمند و یا جزء اساتید دانشگاه رازی کرمانشاه بوده، که همگی براساس پرسشنامه ادینگ بروگ [۲۵] جزء افراد راست دست بودند. این افراد براساس تقسیم‌بندی رده‌های سنی هیوود و گالاهاو [۱۰] از میان جوانان (بین ۱۸-۴۰ سال)، میان‌سالان (۴۰-۶۰ سال)، و سالمندان (۶۰ سال به بالا) سالم و هیچ‌گونه سابقه‌ی بیماری نروژنریکی یا عضلانی-اسکلتی در قسمت بالاتنه نداشتند، انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان از میان دو گروه والیبالیست (حداقل ۲ سال گذشته به‌طور متوالی و هفته‌ای ۳ جلسه تمرین والیبال داشته‌اند) و گروه غیرفعال (هیچ‌گونه فعالیت بدنی یا ورزشی را به‌صورت منظم انجام نداده‌اند) که با فراخوانی که داده شد به‌صورت داوطلبانه و با تکمیل فرم رضایت‌نامه در این پژوهش شرکت کردند.

ابزار مورد استفاده در این پژوهش دستگاه آزمون هماهنگی دودستی (مدل 32532 ساخت شرکت Lafayette)، شمارشگر خطا (مدل LIC-58024C ساخت شرکت Lafayette) برای ثبت تعداد خطاها، پرسشنامه تشخیص راست دستی ادینگ بروگ و ساعت زمان‌سنج برای ثبت زمان اجرا در هر کوشش بود.



شکل (۱) دستگاه آزمون هماهنگی دودستی (مدل 32532 ساخت شرکت Lafayette)

برای اجرای تکلیف آزمون، هر فرد به تنهایی وارد اتاق شده، لذا شرکت‌کنندگان اجرای یک‌دیگر را مشاهده نمی‌کردند (جلوگیری از یادگیری مشاهده‌ای). در حین اجرا به فرد هیچ بازخورد یا دستورالعملی داده نمی‌شد و فقط در پایان هر کوشش میزان زمان اجرا و تعداد خطاها به فرد گفته می‌شد. هیچ یک از افراد شرکت‌کننده تجربه اجرای این تکلیف را از قبل نداشتند. نحوه‌ی سنجش اجرا بدین شکل بود که گروه‌ها در محلی که از قبل برای اندازه‌گیری اجرا آماده شده که در یک اتاق کاملاً روشن و با نور کافی و در محیطی آرام و بدون سرو صدا یا عوامل تنش‌زا قرار گرفتند و در باره‌ی نحوه‌ی قرارگیری در پشت دستگاه و طرز اجرا به آنها توضیح داده شد، به این صورت که با استفاده از هر دو دست به‌طور هماهنگ نشان‌گر (استیلوس) را روی طرح ستاره‌ی سیاه یک بار بصورت ساعت‌گرد و بلافاصله در جهت عکس (پادساعت‌گرد) انجام دهند. نحوه‌ی حرکت دست‌ها شامل دو نوع حرکت بود؛ یکی در جهت بالا و پایین رفتن نشان‌گر، که یک حرکت متقارن و از عضلات مشابه از هر دو دست در یک زمان استفاده می‌شود (حالت درون‌مرحله) و دیگری در حرکت چپ و راست رفتن نشان‌گر که دست‌ها به‌صورت هم‌زمان به سمت چپ یا راست می‌روند (حالت برون‌مرحله) که هدف اصلی قرار داشتن نشان‌گر به‌روی قسمت سیاه و در مسیر ستاره‌ی سیاه حرکت کردن است. قبل از اجرا به فرد اجازه‌ی یک دور ساعت‌گرد به‌عنوان گرم کردن و آشنایی با دستگاه فرصت داده شد. لازم به ذکر است که از این دستگاه در پژوهش آرون کومار و همکاران^[۲۰۰۳] استفاده شده است، لذا با توجه به پژوهش یادشده و مطالعه پایلوت که قبلاً از ۱۹ نفر واز سه رده‌ی سنی گرفته شده بود، نتیجه‌گیری شد که اجرای افراد در ۵ کوشش اندازه‌گیری شده و بین هر کوشش ۱ دقیقه استراحت به افراد داده شود.

از آنجایی که هدف این پژوهش اندازه‌گیری عملکرد فرد در هماهنگی دودستی مداوم بود. بنابراین از طریق اندازه‌گیری زمان و تعداد خطا در حین اجرای تکلیف به‌طور جداگانه این امر ممکن نبود. لذا برای استاندارد سازی و ترکیب زمان و تعداد خطا از فرمول زیر برای اندازه‌گیری واقعی عملکرد افراد در اجرای تکلیف هماهنگی دودستی مداوم استفاده کردیم:

امتیاز استاندارد برای هر کوشش؛

$$\text{امتیاز استاندارد [در هر کوشش]} = \frac{(\text{تعداد خطاهای هر کوشش} - 100)}{\text{زمان هر کوشش}}$$

امتیاز استاندارد میانگین ۵ کوشش؛

$$\text{میانگین امتیاز استاندارد} = \frac{[\text{مجموع امتیاز پنج کوشش}]}{5}$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه و تست تعقیبی ال اس دی (LSD) برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها و از آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت در میان گروه والیبالیست و گروه غیرفعال در هر یک از رده‌های سنی استفاده شد.

نتایج

برای بررسی تأثیر افزایش سن بر هماهنگی دودستی مداوم از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد و نتایج نشان داد که بین هر سه رده سنی جوانان، میان‌سالان و سالمندان تفاوت معناداری وجود دارد ($p < 0.000$)؛ $F = 72.983$. به‌منظور بررسی تفاوت بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی ال اس دی استفاده گردید. نتایج آزمون ال اس دی نشان داد که در اجرای تکلیف هماهنگی دودستی که به‌صورت میانگین امتیازات استاندارد اجرا در پنج کوشش بود، بین گروه جوانان غیرفعال با میان‌سالان غیر فعال و بین جوانان غیرفعال و سالمندان غیرفعال و همچنین بین میان‌سالان غیرفعال و سالمندان غیرفعال تفاوت معناداری با سطح معناداری بالا ($p < 0.01$) وجود داشت (جدول ۱).

جدول (۱): نتایج آزمون ال اس دی امتیازات استاندارد سه رده سنی غیرفعالان

گروه	جوانان	میان سالان	سالمندان
جوانان			
میان سالان	**/0.07		
سالمندان	**/0.00	**/0.05	

** معنی داری در سطح 0.01

برای بررسی تفاوت بین گروه والیبالیست و گروه غیرفعال در هر رده سنی به‌طور جداگانه آزمون t مستقل گرفته شد که نتایج آن برای هر رده سنی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲): آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت بین گروه والیبالیست و گروه غیرفعال در هر رده سنی

تفاوت گروه‌ها	t	df	سطح معناداری P
جوانان والیبالیست- جوانان غیر فعال	۲/۲۹۱	۲۸	* < ۰/۰۳۸
میان سالان والیبالیست- میان سالان غیرفعال	۲/۹۶۱	۲۸	** < ۰/۰۰۶
سالندان والیبالیست- سالندان غیرفعال	۸/۲۲۸	۲۸	** < ۰/۰۰۰

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ---- ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که در اجرای تکلیف هماهنگی دودستی در میانگین اجرای پنج کوشش بین دو گروه جوانان غیرفعال و جوانان والیبالیست تفاوت معناداری با سطح معناداری ۵ درصد ($P < ۰/۰۵$) وجود دارد. آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت بین میان سالان غیرفعال با میان سالان والیبالیست و بین سالندان غیرفعال با سالندان والیبالیست با سطح معناداری بالاتری ($P < ۰/۰۱$) به دست آمد.

بحث

برای بررسی تأثیر افزایش سن به روی اجرای تکلیف هماهنگی دودستی مداوم از میان سه رده سنی مختلف جوانان، میان سالان و سالندان، چه غیرفعالان و چه والیبالیست‌ها بررسی به عمل آمد. نتایج کسب شده در گروه غیرفعالان نشان داد که افزایش سن باعث اختلال در هماهنگی دودستی می‌شود و با بالا رفتن سن سطح عملکرد افراد کاهش می‌یابد. با توجه به میانگین زمان و تعداد خطای به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که این افت عملکرد بیشتر مربوط به افزایش زمان اجرای تکلیف بوده است. نتایج این پژوهش با اشلی و همکاران [۲۰۱۰] با توجه به افزایش سختی تکلیف (افزایش سرعت و در حالت برون مرحله) همخوان بود. این همخوانی احتمالاً می‌تواند مربوط به نوع تکلیفی باشد که ما در این پژوهش استفاده کرده‌ایم، چراکه آزمون هماهنگی دودستی که ما در این پژوهش استفاده کردیم به صورت ترکیبی از حرکات دودستی درون مرحله و برون مرحله و به شکل مداوم بود که با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته گذشته-که اکثراً به روی تکالیف ضربه‌ای و کشیدن دایره با دودست بوده-کاملاً متفاوت می‌باشد. بنابراین، کند شدن اجرا در اثر افزایش سن براساس نظریه پردازش اطلاعات، می‌تواند به سبب کاهش سرعت پردازش اطلاعات باشد که به دلیل ناتوانی سیستم عصبی و کاهش اندازه و یک پارچگی جسم پینه‌ای^۱ باشد که بیشترین کنترل را بر هماهنگی دودستی مداوم دارد، می‌باشد [۱۱، ۱۵ و ۲۰]. با قبول این که کندی حرکات هماهنگ به دلایل عصبی می‌تواند باشد، تأیید کننده نظریه سالتوس [۱۹۹۶] است، که بیان می‌کند کاهش عملکرد شناختی در رابطه با افزایش سن، در نتیجه‌ی کاهش سرعت پردازش در سیستم شناختی فرد است. سالتوس [۱۹۸۶] بین می‌کند که با

افزایش سن، در مکانیسم نرون‌های عصبی افراد تغییر پدید می‌آید و سرعت انتقال سیگنال‌های عصبی در اثر از بین رفتن غلاف میلین در نرون‌های عصبی کاهش یافته و مدارها و مسیرهای عصبی تخریب می‌شود. همچنین میانجی‌های عصبی کاهش یافته و ارتباط بخش‌های عصبی دچار اختلال می‌شود. از آنجایی که شرکت‌کنندگان در این پژوهش با افزایش سن خطاهای بیشتری را مرتکب شدند، اما افت عملکرد افراد با افزایش سن، بیشتر مربوط به افزایش زمان اجرای حرکت بوده است. همان‌گونه که پیش‌تر در فصل دوم یاد شد، افراد مسن‌تر در فعالیت‌های حرکتی هماهنگ، سرعت را فدای دقت می‌کنند و گهگاهی ممکن است از این تاکتیک به عنوان شکلی از جبران ناتوانی در اجرای درست حرکت استفاده کنند. همچنین می‌توان این افت عملکرد را با توجه به نتایج پژوهش ویلیام و همکاران [۲۰۰۵]، به این دلیل دانست که اجرای تکلیف هماهنگی پیچیده برای افراد مسن‌تر چه از لحاظ متابولیکی و چه از لحاظ شناختی مشکل‌تر خواهد شد و نیازمند صرف انرژی بیشتری خواهد بود. نتایج این پژوهش با جفری و همکاران [۲۰۱۰]، در قسمت افزایش بسامد هم‌خوان نبود. احتمالاً این تفاوت نتیجه به دلیل نوع تکلیف اجرا شده باشد، چراکه تکلیف موردنظر در پژوهش جفری و همکاران [۲۰۱۰]، کشیدن دایره با دودست یک‌بار به صورت مداوم در حالت‌های متقارن و نامتقارن بود که سرعت حرکت نیز با مترونوم کنترل می‌شد، اما در این پژوهش تکلیف کشیدن ستاره با دودست بود که ترکیبی از حالت‌های درون‌مرحله و برون‌مرحله بود که نیاز به پردازش کنترل شده دارد. دلیل تأثیر نوع تکلیف آزمون بر نتایج پژوهش را می‌توان براساس پژوهش کرولاین و همکاران [۲۰۰۲] تبیین کرد، این پژوهش بیان می‌کند که تفاوت اجرا با افزایش سن، بستگی به دشواری، اندازه هدف و دامنه حرکتی تکلیف دارد. البته نتیجه این پژوهش با قسمت دوم از نتایج جفری و همکاران [۲۰۱۰] که در اجرای تکلیف هماهنگی دودستی با توقف ۵۰۰ میلی‌ثانیه‌ای که نیاز به پردازش کنترل شده داشت هم‌خوان بوده که تأکید می‌کند تکلیف هماهنگی دودستی که نیاز به پردازش کنترل شده دارد، با افزایش سن، دچار اختلال می‌شود. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج لوری و همکاران [۲۰۰۰] و دی بورا [۲۰۰۰]، که با تغییر الگوی حرکت از درون‌مرحله به برون‌مرحله بین سالمندان و جوانان تفاوت معنادار وجود داشت، هم‌خوان بود. دلیل این هم‌خوانی احتمالاً این می‌تواند باشد که با وجود این‌که در هر دوی پژوهش لوری و همکاران [۲۰۰۰] و دی بورا [۲۰۰۰]، به صورت مجزا آزمون هماهنگی دودستی در حالت‌های درون‌مرحله و برون‌مرحله گرفته شده است، اما با افزایش سختی تکلیف از حالت درون‌مرحله به برون‌مرحله و نیاز به پردازش کنترل شده عملکرد افراد مسن‌تر دچار اختلال شد. این نتایج با نتایج دانیل و همکاران [۲۰۱۰]، مشابهت داشت، البته با توجه به این‌که در پژوهش دانیل و همکاران [۲۰۱۰]، پژوهش‌گران با افزایش سختی تکلیف (تغییر الگوی حرکت از درون‌مرحله به برون‌مرحله) و تغییر کانون توجه (گرفتن آزمون زمان عکس‌العمل به صورت هم‌زمان)، به دنبال تغییر اجرای تکلیف از حالت پردازش خودکار به پردازش کنترل شده، بودند، لذا نتایج

نشان داد که تکالیفی که نیاز به پردازش کنترل شده دارد، با افزایش سن، دچار اختلال می‌شود. بنابراین از آنجایی که تکالیف هر دو پژوهش نیاز به پردازش کنترل شده داشت، گمان می‌رود که دلیل این هم‌خوانی دشواری تکالیف پژوهش‌ها بوده باشد.

برای بررسی تأثیر تجربه والیبال بر هماهنگی دودستی با در نظر گرفتن افزایش سن، تفاوت میان دو گروه والیبالیست و افراد غیرفعال از بین سه رده‌ی سنی مختلف جوانان، میان‌سالان و سالمندان، آزمون هماهنگی دودستی مداوم گرفته شد. نتایج نشان داد که تجربه و تمرین والیبال برای درازمدت (حداقل ۲ سال) تأثیر زیادی به‌روزی بهبود عملکرد افراد در رده‌های سنی مختلف دارد. اگرچه تأثیر این متغیر بر عملکرد هماهنگی دودستی جوانان با سطح معنی داری ۰/۰۵ بود، اما با افزایش سن و در افراد مسن‌تر تفاوت بین دو گروه والیبالیست‌ها و غیرفعالان درجه معناداری بالاتری را داشت [p=۰/۰۱]. علاوه بر این نتایج بررسی تأثیر افزایش سن بر هماهنگی دودستی در میان سه رده‌ی سنی والیبالیست‌ها نیز نشان داد که با افزایش سن، باوجود انجام تمرین والیبال باز هم هماهنگی دودستی افراد دچار اختلال می‌شود. از این یافته‌ها می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تمرین و تجربه والیبال به‌خصوص در سنین بالا از افت هماهنگی دودستی در اثر افزایش سن، به میزان زیادی جلوگیری می‌کند و تجربه والیبال می‌تواند سبب بهبود هماهنگی دودستی افراد شود. با توجه به مطالب از پیش گفته شده، دلایل افت عملکرد هماهنگی دودستی با افزایش سن می‌تواند به‌سبب کاهش ظرفیت شناختی و عوامل عصبی درگیر در کنترل هماهنگی دودستی، تخریب سلول‌ها، مدارها و مسیرهای عصبی، و همچنین کاهش میانجی‌های عصبی و اختلال ارتباط بخش‌های عصبی با یکدیگر باشد. با این توصیف و با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که احتمالاً تمرین و تجربه والیبال می‌تواند بر میزان کارایی بخش‌هایی از سیستم عصبی که مسئول کنترل حرکات هماهنگی دودستی مداوم می‌باشد (نظیر جسم پینه‌ای، قشر پیش‌پیشانی و هسته‌های قاعده‌ای و...)، تأثیر مثبت بگذارد. اگرچه با بررسی ادبیات پژوهش، پژوهش‌های زیادی در مورد تأثیر فعالیت بدنی بر هماهنگی دودستی یافت نشد، اما پژوهش‌های مشابهی در مورد تأثیر فعالیت بدنی بر جنبه‌های دیگر هماهنگی و سیستم عصبی-عضلانی صورت گرفته است که در ادامه بحث ویژگی‌های مشترک آن‌ها با پژوهش حاضر را مورد بررسی قرار می‌دهیم. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که تمرین و تجربه والیبال با تأثیر بر جنبه‌های فیزیولوژیکی می‌تواند به‌طورکلی بر کنترل حرکتی دست‌ها که اجرای تکلیف هماهنگی دودستی مداوم نیز جزء کوچکی از این کنترل حرکتی می‌باشد، تأثیر مثبت داشته باشد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج پژوهش دی ای آدم و همکاران [۲۰۱۰]، مشابهت داشت. دلیل این مشابهت را می‌توان چنین بیان کرد که اگرچه پژوهش‌گر در پژوهش یادشده تأثیر مثبت فعالیت بدنی را بر کاهش پیش‌رونده‌ی هماهنگی چشم-دست و ادراک عمقی در اثر افزایش سن مورد تأیید قرار داده است، اما در قسمت نتایج بیان می‌کند که علت این تأثیر، افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی در عضوهایی است که فعالیت بیشتری را دارند، لذا گمان می‌رود که در پژوهش حاضر نیز به سبب فعالیت و استفاده بیشتر از دست‌ها در تمرین والیبال، هماهنگی

عصبی-عضلانی دست‌ها افزایش یافته و متعاقب آن نیز بر عملکرد هماهنگی دودستی افراد نیز تأثیر مثبت داشته است. از اثرات فعالیت بدنی بر هماهنگی می‌توان از پژوهش کوک چی یانگ، [۲۰۰۸]، یادکرد که بیان می‌کند ورزش تای چی یکی از ورزش‌هایی است که دست‌کم از کاهش پیش‌رونده دقت در هماهنگی چشم-دست باافزایش سن، جلوگیری می‌کند. اگرچه با توجه به نوع فعالیت بدنی نمی‌توان نتایج این پژوهش را با نتایج پژوهش یادشده هم‌خوان دانست، اما می‌توان از این پژوهش به عنوان پژوهشی در جهت تأیید اثر فعالیت بدنی بر جنبه‌های دیگر هماهنگی یادکرد. نتایج پژوهش حاضر به نوعی با نتایج پژوهش تیموتی جی و همکاران [۲۰۰۰]، که تأیید می‌کند تمرین و حرکت سبب بهبود سیستم عصبی-عضلانی و افزایش عملکرد هماهنگی دودستی بین ضربات انگشتان دودست می‌شود، هم‌خوان بود، اما با توجه به نوع تمرین و نوع آزمون که در دو پژوهش متفاوت است (تمرین مقاومتی در مقابل تمرین والیبال، تکلیف مداوم در مقابل مجرد)، نمی‌توان به‌طور قطع، در یک راستا بودن هر دو پژوهش را تأیید کرد. همچنین نتایج این پژوهش با نتایج آندره زاخاری [۲۰۱۰]، که تأثیر تمرین و تجربه آلات موسیقی را بر هماهنگی دودستی بررسی کرد، هم‌خوان نبود. دلیل این ناهم‌خوانی می‌تواند تفاوت در مدت تمرین و تجربه شرکت‌کنندگان باشد با توجه به این‌که در پژوهش آندره زاخاری [۲۰۱۰]، تمرین و تجربه شرکت‌کنندگان به مدت ۳۰ دقیقه و ۴ روز در هفته و برای ۱ ماه بود، اما در این پژوهش گروه والیبالیست‌ها به مدت طولانی‌تری (حداقل ۳ سال) تمرین و تجربه والیبال داشتند. همچنین با توجه به گفته‌های پژوهش‌گر در قسمت بحث و نتیجه‌گیری دلیل این ناهم‌خوانی می‌تواند تعداد کم نمونه‌ها در پژوهش آندره زاخاری [۲۰۱۰]، باشد که خود پژوهش‌گر نیز به آن اذعان داشته و پیشنهاد می‌کند که پژوهش یادشده با حجم نمونه‌های بیشتری تکرار شود. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش آسون‌شان و کی‌الپارسلان [۲۰۰۹]، که تأثیر ورزش‌های توپی را به‌روی هماهنگی چشم-دست مورد بررسی قرار داد، هم‌خوان بود. علت این هم‌خوانی می‌تواند تکلیف مشابه یعنی تجربه در ورزش‌ها توپی باشد، اما با توجه به نامشخص بودن نوع ورزش توپی در پژوهش یادشده و تفاوت در نوع آزمون، نمی‌توان بر این هم‌خوانی تأکید داشت. بر اساس نتایج پژوهش حسن‌پور و همکاران [۱۳۸۹] که تمرینات دودستی را در بهبود عملکرد اندام فوقانی سمت مبتلا در بیماران سکته مغزی مؤثر می‌دانستند، با توجه به نتایج پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود که احتمالاً تمرین و تجربه والیبال می‌تواند به‌عنوان گام بعدی (در صورت توان افراد) در توان‌بخشی بهینه‌تر بیماران سکته مغزی استفاده شود، البته پیشنهاد می‌شود در این راستا برنامه‌های تمرینی مختلف که بر تمرین حرکات دودستی جفت شده در والیبال تأکید دارند را مورد آزمون قرار داد.

یافته‌های این پژوهش بیان می‌کند که برای آموزش هر مهارت که نیاز به هماهنگی دودستی دارد، به تفاوت افراد در توانایی هماهنگی بین دست‌ها با توجه به سن آن‌ها، توجه شود. همچنین تجربه و تمرین والیبال به‌عنوان یک متغیر مستقل مثبت و تأثیرگذار بر کاهش پیش‌رونده‌ی عملکرد هماهنگی دودستی مداوم، در اثر افزایش سن، در نظر گرفته شود.

منابع

۱. اکبری کامرانی، احمد علی؛ آزادی، فرهاد، فروغان، مهشید، سیادت، سعید؛ کلدی، علیرضا. (۱۳۸۵). ویژگی های زمین خوردن در سالمندان مقیم آسایشگاه. فصلنامه علمی-پژوهشی سالمند. ارگان دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی. شماره ۲: ص ۱۰۱-۱۰۵.
۲. حسن پور مهدی، حسینی سیدعلی، ابوطالب شهرام، رهگذر مهدی، سرفراز زهره. (۱۳۸۹). تأثیر فعالیتهای دوطرفه بر بهبود عملکرد اندام فوقانی بیماران سکته مغزی. بهبود - سال پانزدهم، شماره اول، فروردین و اردیبهشت-۱۳۹۰ دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه.
۳. حیرانی، علی. (۱۳۸۸). بررسی استقلال اندام مجری و اثر تمرین در اجرای تکلیف هماهنگی ترسیم دودستی. رساله‌ی دوره‌ی دکتری گرایش رفتار حرکتی، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی تربیت معلم تهران.
۴. دفتر سلامت خانواده و جمعیت معاونت سلامت وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی. بررسی کشوری سلامت سالمندان. (۱۳۷۷).
۵. روحی تربیتی مهدی، سهرابی مهدی (۱۳۸۶). " اثر افزایش بسامد حرکت بر ثبات مرحله‌ی نسبی الگوی هماهنگی نامتقارن دودست " فصلنامه المپیک-سال پانزدهم-شماره ۴ (پیاپی ۴۰)-زمستان ۱۳۸۶.
۶. ریچارد ای مگیل. (۱۳۸۰). یادگیری حرکتی: مفاهیم و کاربرد ها. ترجمه محمد کاظم واعظ موسوی، معصومه شجاعی. - تهران: حنانه.
۷. ریچارد ای. اشمیت. یادگیری حرکتی و اجرا: از اصول تا تمرین. (۱۳۷۹). ترجمه مهدی نمازی زاده، محمد کاظم واعظ موسوی. - تهران: سمت.
۸. ریچارد ای. اشمیت، تیموتی دی. لی. (۱۳۸۷). یادگیری و کنترل حرکتی. مترجمان رسول حمایت طلب، عبدالله قاسمی. تهران: علم و حرکت.
۹. شفیع‌زاده محسن، بهرام عباس، فرخی احمد، امیرتاش علی محمد، وولف گابریل. (۱۳۸۳). تأثیر نوع جلب توجه بازخورد بر قابلیت تشخیص خطا در تکلیف هماهنگی دودستی. نشریه علوم حرکتی و ورزش؛ جلد اول شماره ۴، ص ۹۳-۱۰۵.
۱۰. گریگوری پاین، لاری دی، ایساکس. (۱۳۸۴). رشد حرکتی انسان؛ رویکرد طول عمر. ترجمه‌ی حسن خلجی، داریوش خواجه‌وی. -ارک: دانشگاه اراک.
11. Alexandre Murian , Thibault Deschamps, Jérôme Bourbousson , Jean Jacques (2008). Temprado Influence of an exhausting muscle exercise on bimanual coordination stability and attentional demands. Neuroscience Letters 432 (2008) 64-68.

12. Andrew Zachary Wisti,. (2010). The Effects of Musical Training on Bimanual Control and Interhemispheric Transfer. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science With Honors in Neuroscience from the University of Michigan.
13. Ashley S. Bangerta, Patricia A. Reuter-Lorenza, Christine M. Walshb, Anna B. Schachtera, Rachael D. Seidler. (2010). Bimanual coordination and aging: Neurobehavioral implications. *Journal Neuropsychologia* 48 , 1165–1170
14. Asuman Sahan and K. Alparslan Erman,. (2009). The Effect of the Tennis Technical Training on Coordination Characteristics. *The Open Sports Medicine Journal*, 3, 59-65.
15. Bartzokis, G., Sultzer, D., Lu, P. H., Nuechterlein, K. H., Mintz, J., & Cummings, J. L. (2004). Heterogeneous age-related breakdown of white matter structural integrity: Implications for cortical ‘disconnection’ in aging and Alzheimer’s disease. *Neurobiology of Aging*, 25(7), 843–851.
16. Caroline J. Ketcham, Rachael D. Seidler, Arend W.A. Van Gemmert, and George E. Stelmach, (2002). Age-Related Kinematic Differences as Influenced by Task Difficulty, Target Size, and Movement Amplitude. *Journal of Gerontology: PSYCHOLOGICAL SCIENCES*, Vol. 57B, No. 1, P54–P64.
17. Daniel J. Goble, James P. Coxon, Annouchka Van Impe, Jeroen De Vos, Nicole Wenderoth, and Stephan P. Swinnen,.(2010). The Neural Control of Bimanual Movements in the Elderly: Brain Regions Exhibiting Age-Related Increases in Activity, Frequency-Induced Neural Modulation, and Task-Specific Compensatory Recruitment. *Human Brain Mapping* 31:1281–1295.
18. Elizabeth U. Grillo¹, Quincy Almeida, Timothy D. Lee and Katherine Verdolini Abbott (2010). Do Vision and Audition Influence Bimanual Timing Coordination for In-Phase and Anti-Phase Patterns in a Linear Slide Task? *The Open Sports Sciences Journal*, 2010, 3, 105-110.
19. Hakuei Fujiyama,.(2009). Age-related Changes in Interlimb Coordination. THE UNIVERSITY OF TASMANIA LIBRARY. Thesis about Health and Sport Science, University ofTsukuba, Japan.
20. Head, D., Buckner, R. L., Shimony, J. S., Williams, L. E., Akbudak, E., Conturo, T. E., et al. (2004). Differential vulnerability of anterior white matter in nondemented aging with minimal acceleration in dementia of the Alzheimer type: Evidence from diffusion tensor imaging. *Cerebral Cortex*, 14(4), 410–423.
21. Jeffery J. Summers, James Lewis, Hakuei Fujiyama.(2010). Aging effects on event and emergent timing in bimanual coordination. *Journal Human Movement Science* 29, 820–830.
22. Ketcham, C. J., Seidler, R. D., Van Gemmert, A. W., & Stelmach, G. E. (2002). Age-related kinematic differences as influenced by task difficulty, target size, and movement amplitude. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 57(1), P54-64.
23. Kowk chi ying jasmine,.(2008). Effect of Tai Chi on eye-heand coordination in the older adults.The Thesis OfThe Hong Kong Polytechinc University. Pao Yue-kong Library.
24. Laurie R. Wishart, Timothy D. Lee, Jason E. Murdoch, and Nicola J. Hodges,.(2000). Effects of Aging on Automatic and Effortful Processes in Bimanual Coordination. *Journal of Gerontology: PSYCHOLOGICAL SCIENCES*, Vol. 55B, No. 2, P85–P94.
25. Oldfield RC (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9:97-113.

26. Rosenbaum, D. A. (1991). *Human Motor Control*. San Diego: Academic Press. USA.
27. Salthouse TA, Somberg BL. (1982). Isolating the age deficit in speeded performance. *J Gerontol* 01.;37:59-63.
28. Salthouse TA, Somberg BL. (1982). Skill performance effects of adult age and experience on elementary processes. *J Exp Psychol Gen.*;111:176-207.
29. Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403–428.
30. Schmidt, R. A. (1975). A Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning. *Psychological Review*, vol. 82, p: 225_260.
31. Schmidt, R.A. & T.D. Lee (1999), *Motor control and learning a behavioral emphasis*. 3rd Edition, Human Kinetic. pp. 206.
32. Sophie Vangheluwe, Veerle Puttemans, Nicole Wenderoth, Marc Van Baelen, Stephan P. Swinnen (2004). Inter- and intralimb transfer of a bimanual task: generalisability of limb dissociation. *Behavioural Brain Research* 154 (2004) 535–547
33. Spirduso, W.W., MacRae, P.G., (1990). *Motor Performance and Aging*. *Handbook of the Psychology of Aging*, 3 ed, pp. 183–200.
34. Stephan P. Swinnen. (2002). *Intermanual Coordination: From Behavioural Principles To Neural-Network Interactions*. *Neuroscience*. www.nature.com/reviews/neuro
35. Swinnen, S. P.; N. Dounskaia, O. Levin, J. Duysens (2001). “Constraints during bimanual coordination: the role of direction in relation to amplitude and force requirements”. *Behavioral Brain Research*, 123, 201-218.
36. Swinnen, S.P., Carson, R. G., (2002). The control and learning of patterns of interlimb coordination: past and present issues in normal and disordered control. *Acta Psychol (Amst)*, 110(2-3): p. 129-37.
37. Swinnen, S.P., Lee, T.D., Verschueren, S. Serrien, D.J., Bogaerds, H., (1997). Interlimb coordination: Learning and transfer under different feedback conditions. *Human Movement Science*, p. 749-785.
38. Swinnen, S.P.; K. Jardian, R. Meulenbrock, N. Dounskaia, M. Hofkens, V. Brandt (1997). “Egocentric and allocentric constraints in the expression of patterns of interlimb coordination”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9:3, 348-377.
39. Swinnen. S.; C.B. Walter, D.C. Shapiro (1988). “The coordination of limb movement different kinematics patterns”. *Brain and cognition*, 8, 326-347.
40. Timothy J. Carroll, Benjamin Barry, Stephan Riek and Richard G. Carson. (2000). Resistance training enhances the stability of sensorimotor coordination. *The Royal Society*; doi 10.1098/rspb.1356.